

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zdroj testovacího signálu pro výkonové měniče
Test Signal Source for Power Converters

Rok 2011

Jméno: Jan Lakatos

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student:

Jan Lakatos

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika

Téma:

Zdroj testovacího signálu pro výkonové měniče.
Test Signal Source for Power Converters.

Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte požadavky na pomocná napájecí napětí u výkonových měničů napětí a frekvence.
2. Uveďte možné způsoby zadávání žádaných hodnot a řídicích signálů u těchto měničů.
3. Na základě pokynů vedoucího bakalářské práce navrhnete a realizujete zadávací jednotku pro vybraný typ měniče.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího závěrečné práce

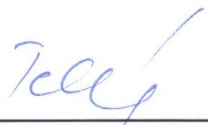
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Sládeček, Ph.D.**


Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011





doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou požadavků na pomocná napájecí napětí u výkonových měničů napětí a frekvence. Dále způsoby zadávání žádaných hodnot a řídicích signálů u těchto měničů. V dalším kroku se zabývá realizací zdroje pro tyto měniče.

Klíčová slova

Referenční zdroj napětí, generátory impulsů, proudový zdroj, frekvenční měnič

Abstract

This work deals with the requirements for auxiliary power supply voltage for voltage and frequency. Further ways to enter setpoints and control signals for these inverters. The next step deals with the implementation of resources for these converters.

Keywords

Reference voltage source, pulse generator, current source, frequency converter

Poděkování

Chtěl bych velice poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Václavu Sládečkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, kterou mi poskytnul při řešení této práce.

V Ostravě, dne 2. května 2011

Podpis.....

Seznam použitých zkratek

R_z	zatěžovací odpor
U_{in+}	kladné vstupní napětí
U_{in-}	záporné vstupní napětí
GND	zem
C	kondenzátor
U_{ref}	referenční napětí
k	poloha jezdce potenciometru
U_{vst}	Vstupní napětí
$U_{výst}$	Výstupní napětí
U_{out}	Výstupní napětí
Ta	perioda celkového průběhu
t2	doba vybíjení
t1	doba nabíjení
C_v	vazební kondenzátor
Tr	transfotmátor
U_{cc}	napájecí napětí
T	tranzistor
ZD	zenerová dioda
OZ	operační zesilovač
PZ	primární zdroj
PO	pomocný obvod
V	výkonový člen
Z	zátěž
Iz	proud zátěži
ST	síťový transformátor
US	usměrňovač
RČ	regulační člen
P	potenciometr
A_i	proudový zesilovač odchylky
A_u	napět'ový zesilovač odchylky
F1	filtr
kUS	poměr výstupního napětí
R_{zmax}	maximální zatěžovací odpor
U_{CES}	saturační napětí tranzistoru
I_q	spotřeba integrovaného obvodu
G_i	vnitřní vodivost
I_0	konstantní proud
IC	integrovaný obvod

Obsah

Abstrakt.....	4
Abstract.....	4
Poděkování.....	5
Seznam použitých zkratk.....	6
Obsah	7
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
1 ÚVOD.....	10
1.1 Úvod k měničům napětí.....	10
1.2 Úvod – měniče frekvence	10
2 Popis frekvenčního měniče SIMOVERT MASTERDRIVES	11
2.1 Popis měniče SIMOVERT MASTERDRIVES.....	11
2.2 Blokové schéma frekvenčního měniče a popis	11
3 Připojení silových a řídicích vodičů	12
3.1 Ochranný vodič.....	12
3.2 Svorkovnicová lišta s řídicími signály a sériovým rozhraním.....	12
3.3 Svorkovnice X9	13
3.4 Řídicí svorkovnice X101	13
3.5 Řídicí svorkovnice X102	14
3.6 Řídicí svorkovnice X103	15
3.7 Svorkovnice (zásuvka) X300 sériového rozhraní.....	15
4 Zdroje proudů.....	16
4.1 Ideální zdroj proudu a skutečný zdroj proudu	16
4.2 Zdroje proudů s třísvorkovými stabilizátory napětí	17
4.3 Zapojení zdroje proudu s obvodem LM317	17
4.4 Zdroje proudu s operačním zesilovačem	19
5 Stejnosměrné zdroje napětí	20
5.1 Blokové schéma regulovaného lineárního zdroje:	20
5.2 Popis stabilizátoru napětí:	20
5.3 Sériové regulátory	21

5.3.1	Sériový stabilizátor bez zpětné vazby	21
5.3.2	Sériový stabilizátor se zpětnou vazbou	22
5.3.3	Stabilizátor s operačním zesilovačem	22
5.4	Paralelní regulátory	23
5.4.1	Paralelní regulátor s výkonovým tranzistorem	24
6	Generátory impulsů.....	25
6.1	Generátory harmonického signálu	25
6.1.1	Zpětnovazební LC oscilátory	26
6.1.2	Krystalové oscilátory.....	27
6.2	Generátory neharmonických signálů.....	27
6.2.1	Astabilní multivibrátor s NE555	28
7	Realizace zdroje signálu pro výkonové měniče.....	29
7.1	Popis.....	29
7.1.1	Zdroj symetrického napětí $\pm 15V$ a +5V	29
7.1.2	Zdroj referenčního napětí TL 431 +10 V.....	30
7.1.3	Nastavitelný zdroj referenčního napětí $\pm 10V$	31
7.1.4	Napětím řízený proudový zdroj 0 – 20 mA	32
7.1.5	Generátor impulsů na dlouhé časy	33
8	Závěr.....	34
9	Přílohy.....	36
10	Seznam součástek.....	41

Seznam obrázků

Obrázek 1. Blokové schéma zapojení frekvenčního měniče v kompaktním provedení	11
Obrázek 2. Konektor svorkovnice X300	15
Obrázek 3. Schéma zapojení.....	16
Obrázek 4. Závislost zdroje proudu na velikosti odporu R	16
Obrázek 5. Schematické značky proudového zdroje	17
Obrázek 6. Zapojení zdroje proudu pomocí třísvorkového stabilizátoru napětí	18
Obrázek 7. Základní zapojení zdroje proudu s operačním zesilovačem	19
Obrázek 8. Blokové schéma regulovaného lineárního zdroje	20
Obrázek 9. Zapojení sériového stabilizátoru bez zpětné vazby	21
Obrázek 10. Zapojení sériového stabilizátoru se zpětnou vazbou	22
Obrázek 11. Zapojení stabilizátoru s operačním zesilovačem	23
Obrázek 12. Blokové schéma zapojení paralelního regulátoru napětí	24
Obrázek 13. Paralelní regulátor s výkonovým tranzistorem	24
Obrázek 14. Blokové schéma oscilátoru	26
Obrázek 15. Meissnerův oscilátor	27
Obrázek 16. Náhradní zapojení krystalu	27
Obrázek 17. Schéma zapojení astabilního multivibrátoru	28
Obrázek 18. Zapojení symetrického zdroje napětí $\pm 15V$ a $+5V$	29
Obrázek 19. Zapojení zdroje referenčního napětí $10V$	30
Obrázek 20. Zapojení nastavitelného zdroje referenčního napětí $\pm 10V$	31
Obrázek 21. Zapojení proudového zdroje řízeného napětím	32
Obrázek 22. Generátor impulsů na dlouhé časy	33
Obrázek 23. Deska plošných spojů - Napájecí zdroj	36
Obrázek 24. Osazení desky plošných spojů - Napájecí zdroj	36
Obrázek 25. Deska plošných spojů- Referenční zdroj napětí a proudový zdroj	37
Obrázek 26. Osazení desky plošných spojů - Referenční zdroj napětí a proudový zdroj	37
Obrázek 27. Deska plošných spojů- Generátor impulsů	38
Obrázek 28. Osazení desky plošných spojů- Generátor impulsů na dlouhé časy	38
Obrázek 29. Přední panel zdroje	39
Obrázek 30. Vnitřní zapojení zdroje	39
Obrázek 31. Řídící svorkovnice frekvenčního měniče SIMOVERT MASTERDRIVES	40

Seznam tabulek

Tabulka 1. Vstupní a výstupní svorky	12
Tabulka 2. Svorky svorkovnice X9	13
Tabulka 3. Svorky řídicí svorkovnice X101	14
Tabulka 4. Svorky řídicí svorkovnice X102	14
Tabulka 5. Svorky řídicí svorkovnice X103	15
Tabulka 6. Svorky svorkovnice X300	15
Tabulka 7. Popisky zkratk blokového schématu	20
Tabulka 8. Popisky zkratk blokového schématu	24

1 ÚVOD

Cílem této práce je navrhnout a zkonstruovat zdroj testovacího signálu pro výkonové měniče. Tento úkol nás zavede do problematiky pomocných napájecích napětí výkonových měničů. Dále k zadávání žádaných hodnot a řídicích signálů u těchto měničů, a také na pomocné napájecí zdroje napětí proudu.

1.1 Úvod k měničům napětí

Měniče napětí jsou elektrické obvody, které mění napětí podle potřeby napájené aplikace. Měniče napětí se rozdělují do čtyř základních skupin:

- a) **AC/AC měniče** – jsou to měniče, které mění střídavé napětí na střídavé napětí s jinými parametry. To znamená, že výstupní napětí má jinou amplitudu nebo frekvenci.
- b) **DC/DC měniče** – jde o měniče, které mění stejnosměrné napětí na jiné stejnosměrné napětí, které je potřeba pro napájení konkrétních obvodů.
- c) **DC/AC měniče** – jedná se o takzvané střídače. U střídačů je důležité použít obvod, který zajistí rozkmitání vstupního napětí. Toto napětí je dále upraveno např. přes transformátor na požadované výstupní napětí.
- d) **AC/DC měniče** – jedná se o takzvané usměrňovače. Tyto usměrňovače mají za úkol usměrnit střídavý proud pro napájení různých aplikací, které potřebují stejnosměrný proud nebo napětí.

1.2 Úvod – měniče frekvence

Měniče kmitočtů jsou měniče, které převádí střídavou elektrickou energii jednoho kmitočtu a napětí na energii střídavou s proměnou frekvencí. Měniče kmitočtů se rozdělují do dvou základních skupin:

- a) **Přímé měniče kmitočtů** – tyto měniče kmitočtu vytvářejí křivku střídavého výstupního napětí přímo ze soustavy střídavých napětí.
- b) **Nepřímé měniče kmitočtů** - základem nepřímých měničů je zařazení mezilehlého obvodu mezi vstupní měnič (např. usměrňovač) a výstupní obvod (např. střídač). Mezilehlý obvod je většinou stejnosměrného charakteru. U těchto měničů se vstupní síťový kmitočet usměrní, následně vyfiltruje a výstupním měničem se rozdělí na požadovaný kmitočet.

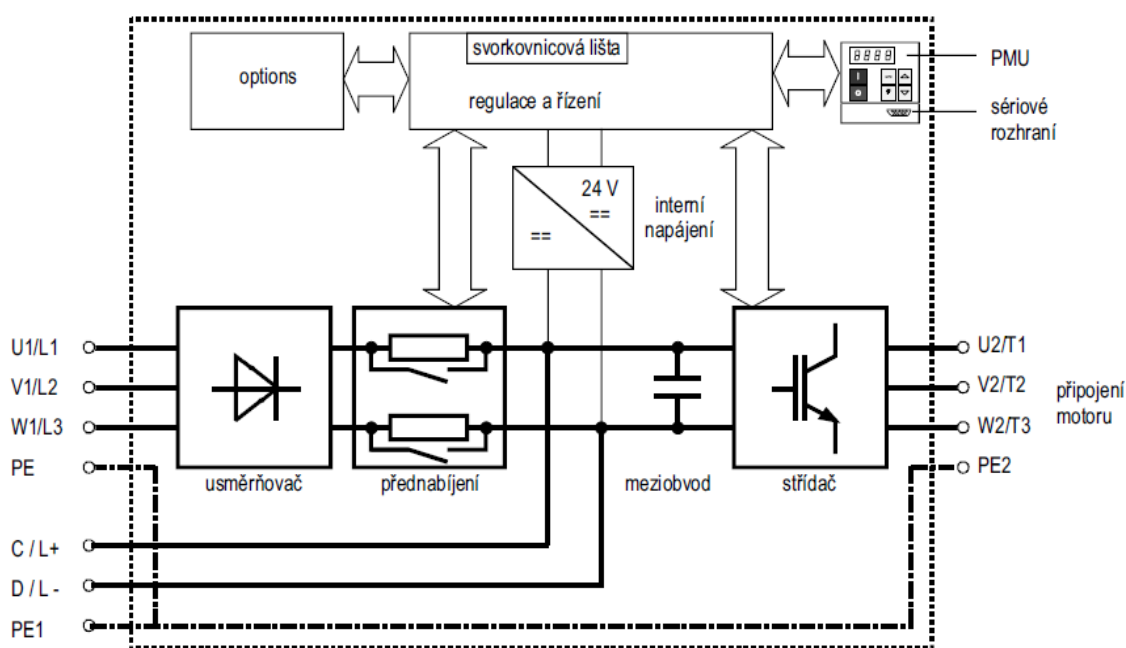
2 Popis frekvenčního měniče SIMOVERT MASTERDRIVES

2.1 Popis měniče SIMOVERT MASTERDRIVES

Jedná se o měnič z nové řady frekvenčních měničů, který obsahuje napěťový meziobvod SIMOVERT MASTERDRIVES. V tomto provedení má tento měnič výkon od 2,2 kW do 37 kW. Tento měnič mění třífázové síťové napětí s pevnou frekvencí (50/60 Hz) na třífázový točivý systém napětí s možností plynule měnit hodnotu výstupního napětí a frekvenci výstupního napětí. Pomocí toho lze řídit otáčky motoru od nuly do hodnoty otáček, které odpovídají frekvenci výstupního napětí 600 Hz.

Frekvenční měnič s napěťovým meziobvodem řady SIMOVERT MASTERDRIVES lze na první pohled chápat jako systém měničů, který má velmi široké výkonové spektrum. Dané spektrum lze rozdělit podle konstrukčního uspořádání, podle způsobu regulace a řízení. Při přivedení střídavého napětí na vstupní svorky frekvenčního měniče (obr. 1), se napětí usměrní v třífázovém můstku a přes přednabíjecí obvody se dále napětí přivádí na kondenzátor umístěný v meziobvodu (kondenzátory se musí nabíjet přes rezistor, protože bez rezistoru by na kondenzátorech vznikla velká proudová špička a došlo by k jejich zničení). V dalším kroku střídač vytvoří ze stejnosměrného napětí pomocí pulzně šířkové modulace třífázový systém střídavého napětí s měnitelnou frekvencí v rozsahu od 0 do 600 Hz.

2.2 Blokové schéma frekvenčního měniče a popis



Obrázek 1. Blokové schéma zapojení frekvenčního měniče v kompaktním provedení

Popis vstupních a výstupních svorek blokového schéma

Síťové svorky	U_1/L_1	V_1/L_2	W_1/L_3
Svorky motoru	U_2/T_1	V_2/T_2	W_2/T_3
Svorky napěťového meziobvodu	$C/L+$	$D/L-$	
Svorky ochranného vodiče	PE1	PE2	

Tabulka 1. Vstupní a výstupní svorky

Na svorky napěťového meziobvodu $C/L+$ $D/L-$ lze připojit podle potřeby buď volitelné rozšíření (option), což je „brzdná jednotka“ nebo filtr typu „ $\frac{du}{dt}$ “. Na tyto svorky se dále nesmí připojovat další střídače.

3 Připojení silových a řídicích vodičů

Frekvenční měniče jsou zařízení výkonové elektroniky. Proto se na některých částech měniče vyskytují vysoká napětí. Všechny tyto vodiče mohou být připojeny jen tehdy, jestliže je měnič v klidovém stavu. Při nedodržení této podmínky může dojít k těžkým zraněním. Po odpojení silových vodičů se na kondenzátorech v meziobvodu pořád vyskytuje vysoké napětí, a proto se asi po dobu 5 minut nesmí měnič otevřít. Dále se musí dávat pozor při manipulaci s měničem, protože na některých dalších částech je napětí.

3.1 Ochranný vodič

Ochranný vodič je vždy připojen jak na straně sítě, tak na straně motoru. U tohoto vodiče je velmi důležité ho vždy dimenzovat na daný výkon měniče. Vlivem svodových proudů, které protékají odrušovacími kondenzátory, je nutné volit průřez tohoto vodiče minimálně 10 mm^2 . Při volbě průřezu vodiče menší než je 10 mm^2 může dojít k nežádoucím vlivům.

3.2 Svorkovnicová lišta s řídicími signály a sériovým rozhraním

Při provedení měniče MASTERDRIVES VS ve standardním provedení je tento měnič vybaven řídicím rozhraním a to jak komunikačním, tak i řídicím. V měniči je obsaženo sériové rozhraní RS 485 / RS 232 (dané rozhraní je říditelné prostřednictvím počítače nebo komfortním ovládacím panelem OP1S). Dále je tato svorkovnice určena k připojení impulsního čidla (HTL, unipolární) a čidla teploty, které je umístěno na vinutí motoru (PTC / KTY 84). Nakonec na svorkovnici ještě najdeme lišty, které obsahují binární a analogové vstupy a výstupy.

Hlavní svorkovnicová lišta obsahuje tyto svorkovnice:

- a) Svorkovnice X9
- b) Řídicí svorkovnice X101
- c) Řídicí svorkovnice X102
- d) Řídicí svorkovnice X103

e) Svorkovnice X300 se sériovým rozhraním

3.3 Svorkovnice X9

Na této řídicí svorkovnici X9 se nacházejí následující svorky pro pomocné napětí 24V.

Pomocné napájení 24V a hlavní, respektive výstupní (přemost'ovací). Stykač se připojuje prostřednictvím pětipólového konektoru X9. Svorky řízení stykače musí být vždy od sebe galvanicky odděleny. Pomocné napájení je potřeba tehdy, jestliže je měnič za normálních okolností napájen přes hlavní stykač a je důležité zachovat řídicí funkce měniče i v případě nesepnutého stykače (popřípadě při výpadku napětí napájecího měniče).

Svorka	Označení	Význam, funkce	Rozsah
1	řízení hlavního stykače	řízení hlavního stykače	AC 230 V, 1 kVA
2	řízení hlavního stykače	řízení hlavního stykače	AC 230 V, 1 kVA
3	neobsazeno	nepoužívá se	
4	0 V	vztažný potenciál	0 V
5	+24 V (in)	napájecí napětí 24 V	DC 24 V, $I \leq 4,3$ A



Tabulka 2. Svorky svorkovnice X9

3.4 Řídicí svorkovnice X101

Na této řídicí svorkovnici X101 se nacházejí následující svorky:

- a) 4 nastavitelné binární vstupy nebo výstupy. Tyto svorky mají napěťový rozsah DC 24V a proudový rozsah 10mA nebo 20mA. (U těchto svorek si pomocí parametrů nastavíme, jestli chceme, aby měli charakter vstupních nebo výstupních svorek).
- b) 3 binární vstupy (v tomhle případě se jedná jen o vstupy a nemůžeme si je podle parametrů nastavit)
- c) Svorky pomocného napětí 24V, které jsou možné zatížit proudem do maximálně 150 mA. Tyto svorky jsou určeny pro binární vstupy a výstupy.
- d) 1 sériové rozhraní SST2 (RS 485 / USS)

Svorka	Označení	Význam, funkce	Rozsah
1	P24 AUX	pomocné napájení	DC 24 V / 150 mA
2	M24 AUX	vztažný potenciál	0 V
3	DI01	binární vstup/výstup 1	24 V, 10 mA/20 mA
4	DI02	binární vstup/výstup 2	24 V, 10 mA/20 mA
5	DI03	binární vstup/výstup 3	24 V, 10 mA/20 mA
6	DI04	binární vstup/výstup 4	24 V, 10 mA/20 mA
7	DI5	binární vstup 5	24 V, 10 mA
8	DI6	binární vstup 6	24 V, 10 mA
9	DI7	binární vstup 7	24 V, 10 mA
10	RS485 P	svorka sběrnice, SST2, USS	RS 485
11	PS485 N	svorka sběrnice, SST2, USS	RS 485
12	M RS485	vztažný potenciál rozhraní RS485	



Tabulka 3. Svorky řídicí svorkovnice X101

3.5 Řídicí svorkovnice X102

Na této řídicí svorkovnici X102 se nacházejí následující svorky:

- Pomocné svorky napětí 10 V, které jsou zatížitelné maximálně do 5mA. Tyto svorky jsou určeny k napájení externího potenciometru.
- 2 analogové vstupy, které se dají podle potřeby použít jako proudové nebo napět'ové vstupy.

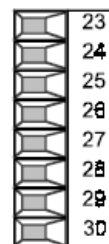
Svorka	Označení	Význam, funkce	Rozsah
13	P10 V	+10 V, napájení externího potenciometru	+10 V \pm 1,3% $I_{\max} = 5 \text{ mA}$
14	N10 V	-10 V, napájení externího potenciometru	-10 V \pm 1,3% $I_{\max} = 5 \text{ mA}$
15	A11+	analogový vstup 1	rozlišení 11 bitů a znaménko napět'ový vstup: $\pm 10 \text{ V}$, $R_i=60 \text{ k}\Omega$ proudový vstup: $R_{in}=250 \Omega$
16	M A11	zem analogového vstupu 1	
17	A12+	analogový vstup 2	
18	M A12	zem analogového vstupu 2	
19	AO1	analogový výstup 1	rozlišení 10 bitů a znaménko napět'ový výstup: $\pm 10 \text{ V}$, $I_{\max}=5\text{mA}$ proudový výstup: 0 až 20 mA, $R \geq 500 \Omega$
20	M AO1	zem analogového výstupu 1	
21	AO2	analogový výstup 2	
22	M AO2	zem analogového výstupu 2	

Tabulka 4. Svorky řídicí svorkovnice X102

3.6 Řídící svorkovnice X103

U této svorkovnice se nacházejí svorky sloužící k připojení impulsního čidla otáček s výstupy typu HTL. Do svorkovnice lze připojit vodiče o průměru maximálně do 1,5 mm².

Svorka	Označení	Význam, funkce	Rozsah
23	-V _{ss}	Zem napájení	
24	Spur A	Stopa A	Čidlo typu HTL, unipolární
25	Spur B	Stopa B	Čidlo typu HTL, unipolární
26	Nulimpuls	Nulový impuls	Čidlo typu HTL, unipolární
27	CTRL	Kontrolní stopa	Čidlo typu HTL, unipolární
28	+V _{ss}	Napájení čidla otáček	15 V, I _{max} = 190 mA
29	-Temp	Záporný vývod čidla teploty (PTC/KTY 84)	KTY 84: 0 až 200°C PTC: R _{studený} ≤ 1,5 kΩ
30	+Temp	Kladný vývod čidla teploty (PTC/KTY 84)	



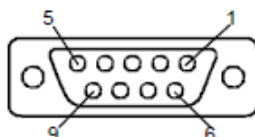
Tabulka 5. Svorky řídící svorkovnice X103

3.7 Svorkovnice (zásuvka) X300 sériového rozhraní

Na svorkovnici X300 se nachází standardní ovládací panel, ze kterého je vyvedeno sériové rozhraní. Prostřednictvím tohoto konektoru můžeme propojit měnič s komfortním ovládacím panelem OP1S nebo počítačem řady PC.

Svorka	Označení	Význam, funkce	Rozsah
1	n.c.	Nevyužito	
2	RS232 Rx/D	Příjem RS 232 (V.24)	RS 232
3	RS485 P	Příjem a vysílání RS 485	RS 485
4	Boot	Řídící signál pro „update“ programového vybavení měniče	Binární signál, L ~ aktivní
5	M5V	Vztažný potenciál napětí 5 V	0 V
6	P5V	Napájecí napětí +5 V	+5 V, I _{max} = 200 mA
7	RS232	Vysílání RS 232 (V.24)	RS 232
8	RS485 N	Příjem a vysílání RS 485	RS 485
9	n.c.	Nevyužito	

Tabulka 6. Svorky svorkovnice X300



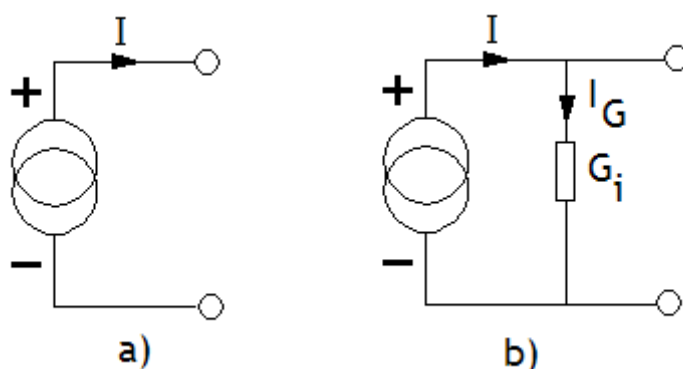
Obrázek 2. Konektor svorkovnice X300

4 Zdroje proudů

Zdroje proudů jsou nedílnou součástí dnešní techniky. Tyto zdroje jsou ve velké míře používány v měřicí technice, výpočetní technice, při napájení operačních zesilovačů, napájení převodníků a podobně. Proudové zdroje však nejsou tak hojně používány jako napěťové, přestože se na trhu objevují i v integrované podobě (např. LM334).

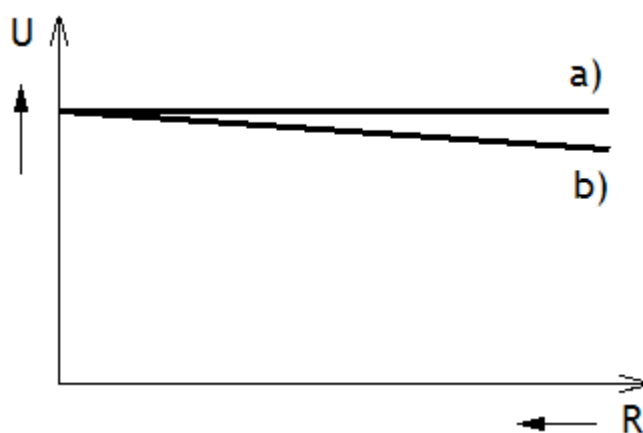
4.1 Ideální zdroj proudu a skutečný zdroj proudu

Ideální zdroj proudu je takový zdroj, který dodává konstantní proud I_0 do libovolné zátěže. Jeho voltampérová charakteristika je přímka, která je rovnoběžná s osou napětí, jak je naznačeno na obr. 4. Skutečný zdroj je popisován paralelním spojením ideálního zdroje proudu s konstantním proudem I_0 a vnitřní vodivosti G_i (viz obrázek 3). Od ideálního zdroje se liší v tom, že nedokáže dodávat pořád stejně velký konstantní proud do zátěže. Skutečné zdroje proudu se k ideálním zdrojům jen blíží v určitých rozsazích charakteristiky.



Obrázek 3. Schéma zapojení

a) ideální zdroj proudu; b) skutečný zdroj proudu

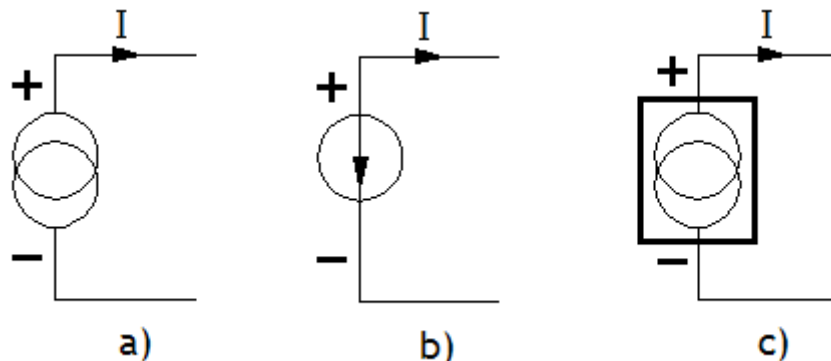


Obrázek 4. Závislost zdroje proudu na velikosti odporu R

a) Ideální zdroj proudu; b) Skutečný zdroj proudu

Dále pro ideální zdroje proudu je nutné si definovat několik parazitních vlastností. Pokud se nebudeme zajímat o celou řadu parametrů, jako např. teplotní závislost proudu, šum a frekvenční závislost apod., tak zůstává pouze jedna důležitá vlastnost, která je společná jak pro zdroj proudu, tak i zdroj napětí, a to závislost požadované veličiny na zatěžovacím odporu zdroje.

Schematická značka proudového zdroje je ve světové literatuře kreslena různými variantami:



Obrázek 5. Schematické značky proudového zdroje

- a) Značka používána v ČR
- b) Značka používána v anglosaské literatuře
- c) Značka používána evropskými autory

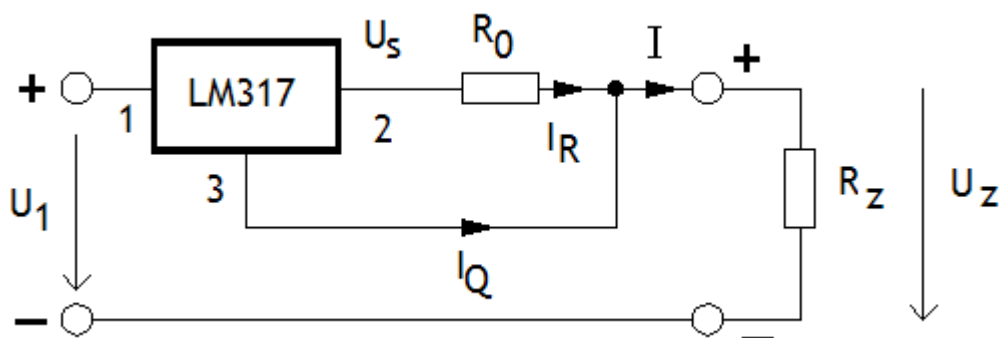
4.2 Zdroje proudů s třísvorkovými stabilizátory napětí

Mezi jedny ze základních zapojení zdrojů proudů patří zapojení pomocí třísvorkových stabilizátorů napětí. Třísvorkovým stabilizátorem napětí jsou myšleny např. obvody LM 317 nebo 78xx a 79xx. Stabilizátory řady 78xx se vyrábějí (např. 7805, 7809, 7812), první dvojčíslí určuje, jestli se jedná o kladné nebo záporné výstupní napětí a druhé dvojčíslí o hodnotu výstupního napětí.

4.3 Zapojení zdroje proudu s obvodem LM317

U tohoto obvodu spočívá princip v tom, že se stabilizuje napětí mezi svorkami 2 a 3 (obr. 6) integrovaného obvodu. Stabilizované napětí je udržováno pomocí odporu R_0 , kterým prochází konstantní proud o velikosti dané vztahem:

$$I_R = \frac{U_{stab}}{R_0} \quad [4-1]$$



Obrázek 6. Zapojení zdroje proudu pomocí třísvorkového stabilizátoru napětí

Tento proud se však sečítá s proudem I_q , který nalezneme v datasheetu obvodu LM317. Proud I_q představuje spotřebu integrovaného stabilizátoru jako proud, který je daný vztahem:

$$I = I_R + I_q \quad [4-2]$$

Z tohoto plynou dvě základní podmínky pro správnou činnost tohoto typu zdroje:

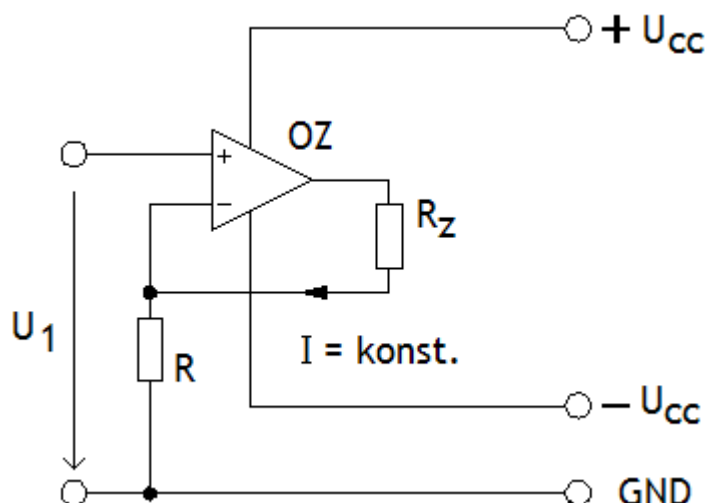
- Výstupní proud nemůže být nikdy menší, než proud vlastní spotřeby obvodu I_q . Proud I_q se liší v použití různých druhů stabilizátorů. U některých stabilizátorů tento proud dosahuje hodnoty až 5 mA, ale u jiných zase jenom 50 μ A.
- Při nastavování proudu do zátěže odporem R_0 , musí být zajištěno, že proud I_q má být zanedbatelný oproti proudu I_R .

Pro správnou funkčnost musí mít stabilizátor minimální napětí U_s , protože toto napětí napájí tranzistor, který je obsažen ve struktuře LM317. Dané napětí je důležité pro správné zavírání a otevírání tranzistoru.

Tyto zdroje stabilizovaného napětí se vyrábějí i pro velké výstupní proudy. Díky tomu se s nimi výstupní proudy dají volit od desetin až do jednotek ampér, ale vyskytuje se zde jeden velký problém, a to vysoká výkonová ztráta na odporu R_0 . Průchodem velkých proudů se tento odpor zahřívá, což vede ke změně hodnoty odporu a také nastaveného výstupního proudu. Proto se volba stabilizátoru doporučuje s nízkým stabilizovaným napětím. Hodnota tohoto napětí bývá kolem 1,2 V

4.4 Zdroje proudu s operačním zesilovačem

U těchto zdrojů proudu je využíváno zpětné vazby operačních zesilovačů. Zpětná vazba má za úkol udržet požadovanou hodnotu proudu na konstantní hodnotě, v tomto případě se tedy jedná o zdroj konstantního proudu. V případě, že se požadovaná hodnota mění, tak se jedná o regulovatelný zdroj proudu. Základní zapojení zdroje konstantního proudu s operačním zesilovačem je na obr. 7.



Obrázek 7. Základní zapojení zdroje proudu s operačním zesilovačem

U ideálního operačního zesilovače by se napětí rovnalo napětí na odporu R . Rozdílové napětí mezi vstupy je v tomto případě považováno za nulové, stejně jako vstupní odpor vstupů operačního zesilovače, že je nekonečný. V tomto případě by tento proud, který může na odporu R vyvolat úbytek $U_R = U_1$ je proud protékající z výstupu operačního zesilovače přes odpor R_Z .

U skutečného operačního zesilovače to je ovšem jinak. Mezi vstupy operačního zesilovače se nastaví rozdíl napětí tak, aby na výstupu OZ bylo právě napětí pro průchod proudu odpory R_Z a R , který na odporu R vytvoří napětí U_R . Výstupní proud je tedy nastaven velikostí vstupního napětí U_1 , který je dán vztahem:

$$I = \frac{U_1}{R} \quad [4-3]$$

Velikost zatěžovacího odporu R_Z může být maximálně taková, aby byl obvod schopen ještě nějaký proud vést, což je dáno vztahem:

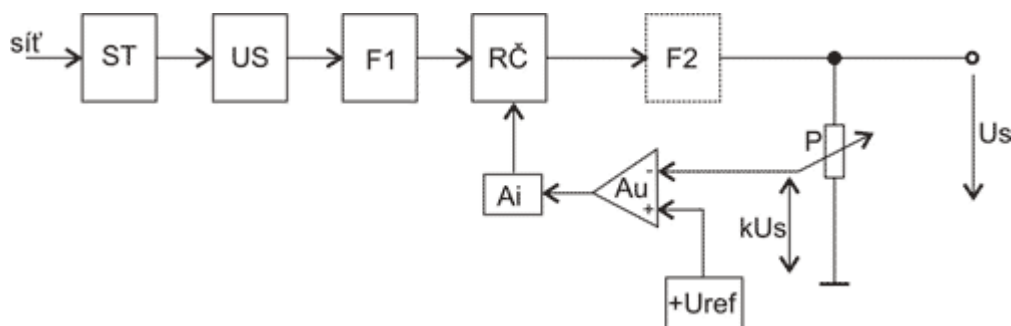
$$R_{Zmax} = \frac{(+U_{CC} - U_{CES} - U_1)}{I} \quad [4-4]$$

U_{CES} – saturační napětí horního tranzistoru koncového stupně operačního zesilovače

5 Stejnosměrné zdroje napětí

Stejnosměrné zdroje napětí jsou nedílnou součástí každého konstruktéra. Zdroje napětí se už dají koupit jako hotový výrobek a není to v dnešní době už vůbec drahé. V druhém případě se dá postavit a není to nic složitého.

5.1 Blokové schéma regulovaného lineárního zdroje:



Obrázek 8. Blokové schéma regulovaného lineárního zdroje

ST	sít'ový transformátor
US	usměrňovač
RČ	regulační člen
P	regulační potenciometr
+Uref	zdroj referenčního napětí
Ai	proudový zesilovač odchylky
Au	napěťový zesilovač odchylky
F1	vstupní filtr
F2	výstupní filtr
Us	výstupní napětí
kUs	poměr výstupního napětí

Tabulka 7. Popisky zkratk blokového schématu

5.2 Popis stabilizátoru napětí:

Základem stabilizátoru napětí je regulační člen, který je také akčním prvkem stabilizátoru. Ve většině tuto činnost zastává bipolární tranzistor, který má funkci spojitě proměnného odporu. U zpětnovazební regulace se vždy vyskytuje mála a vzhledem k U_s zanedbatelná odchylka ΔU . Pomocí potenciometru P (viz obr. 8) lze velikost výstupního napětí měnit v širokém rozsahu. Zesílení napětí ΔU je dáno odporem regulačního tranzistoru. Tranzistor má zápornou zpětnou vazbu, která má za úkol potlačit vliv vnějších podmínek vzhledem k stabilitě U_s . Vnějšími podmínkami je myšleno např. kolísání sítě nebo změny zatěžovacího proudu.

Ve většině případů se jako regulační člen používá bipolární tranzistor. U kterého musíme vědět, jaký bude budící výkon. Z tohoto důvodu je součástí stabilizátoru i proudový zesilovač A_i . V mnoha případech jako Darlingtonův tranzistor. Filtř F2 složí jako kmitočtová kompenzace regulační smyčky a zároveň chrání obvod před šumovým napětím na výstupu.

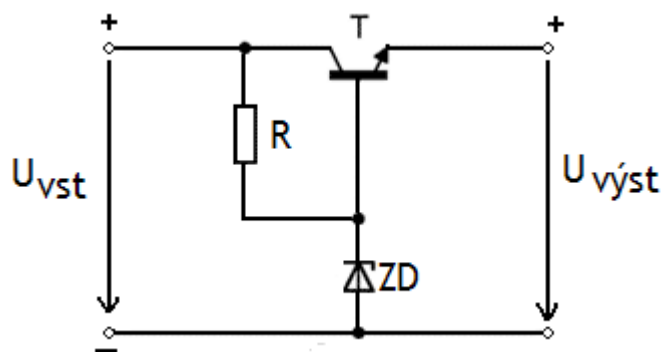
Stabilizátory napětí můžeme rozdělit do dvou skupin:

- a) Sériové
- b) Paralelní

5.3 Sériové regulátory

5.3.1 Sériový stabilizátor bez zpětné vazby

Jde o jedno z nejjednodušších zapojení regulátoru. Obvody se sériovým stabilizátorem jsou skvělé pro omezení vlivu změn výstupního napětí a změn zátěže. Při normální činnosti regulátoru je na výkonové části členu podstatně menší napětí, než na zátěži. Proud, který protéká výkonovou částí, je roven proudu, který je na zátěži. Toto je však největší nevýhoda sériového regulátoru. V případě, že na výstupu bude zkrat, tak bude na výkonové části maximální napětí a dojde ke zničení regulátoru.



Obrázek 9. Zapojení sériového stabilizátoru bez zpětné vazby

V tomto zapojení pracuje tranzistor jako emitorový sledovač. Sledovač má za úkol zvětšit výstupní výkon regulátoru a zároveň zmenšuje jeho dynamický odpor.

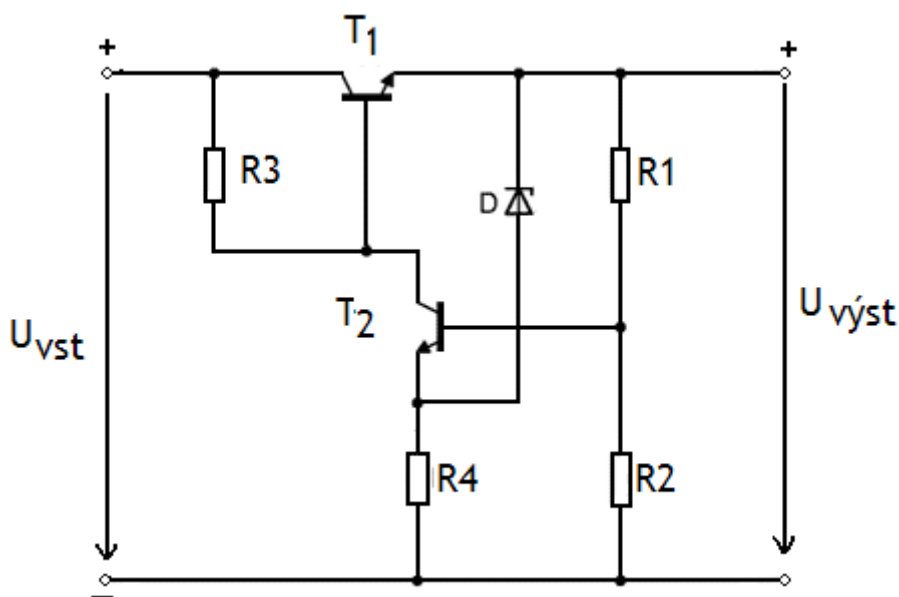
Výpočet proudu Zenerovou diodou ZD a rezistoru R se vypočte podle vztahu:

$$I_Z = \frac{U_{vst} - U_{výst}}{R} \quad [5-1]$$

$$R = \frac{U_{vst} - U_{výst}}{I_Z \cdot h_{21}} \quad [5-2]$$

5.3.2 Sériový stabilizátor se zpětnou vazbou

Oproti předchozímu zapojení je tohle zapojení doplněno o jeden tranzistor (T_2) navíc. Tento tranzistor pracuje jako zesilovač odchylky. Proud, který protéká Zenerovou diodou je dán rezistorem R_2 . Pomocí Zenerovy diody je emitor tranzistoru T_2 na stálém napětí. Tranzistor T_2 je uzavřen do doby než na odporu R_2 bude větší napětí než $U_z + U_{be}$. Při vyšším napětí R_2 než je součet, se tranzistor T_2 začne otevírat a zároveň se tranzistor T_1 začne uzavírat. Vlivem toho se zvětšuje i vnitřní odpor a zmenšuje se napětí na výstupu, tudíž i na R_2 . Zpětná vazba má za úkol udržet velikost napětí na R_2 takovou, aby byla blízká součtu $U_z + U_{be}$. Velkou nevýhodou těchto regulátorů je teplotní závislost U_{be} na tranzistoru T_2 .



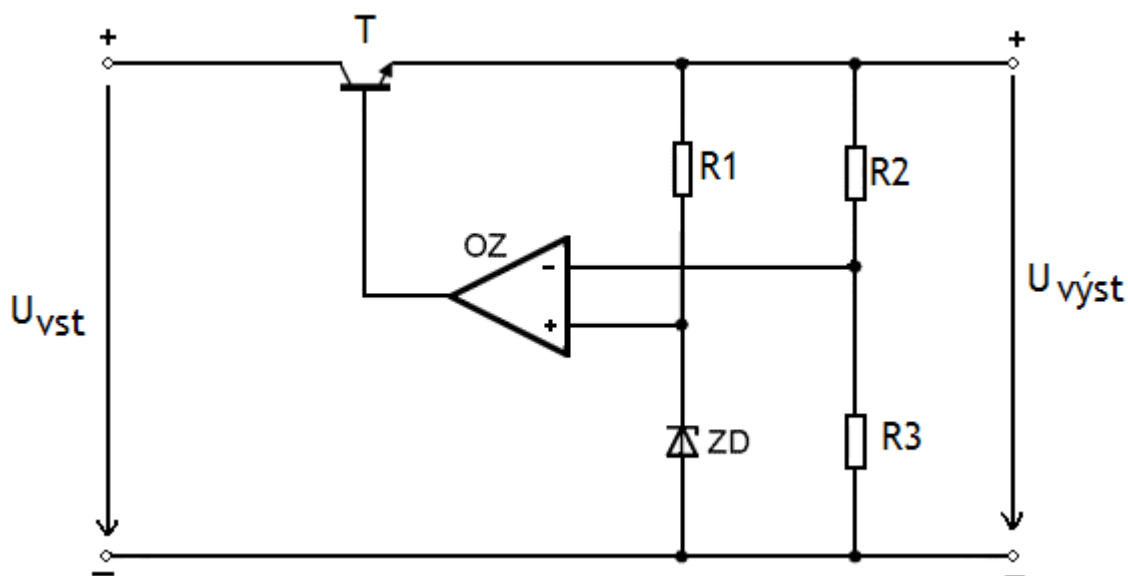
Obrázek 10. Zapojení sériového stabilizátoru se zpětnou vazbou

Výstupní napětí lze určit ze vztahu:

$$U_{vyst} = \frac{(U_z + U_{be})}{R_2 \cdot (R_1 + R_2)} \quad [5-3]$$

5.3.3 Stabilizátor s operačním zesilovačem

U těchto obvodů je základem operační zesilovač. Referenční napětí se přivádí na neinvertující vstup operačního zesilovače. Na druhý vstup, což je invertující vstup, se přivádí zpětnovazební napětí z odporového děliče, který je tvořen odpory R_2 a R_3 . Jestliže dojde k zvýšení výstupního napětí nad referenční, tak výstupní napětí zesilovače se změní, a tím se začne přivírat regulační tranzistor T . Tím dojde k zvýšení jeho odporu a výstupní napětí poklesne. Mezi invertujícím a neinvertujícím vstupem se operační zesilovač snaží udržet nulové napětí.

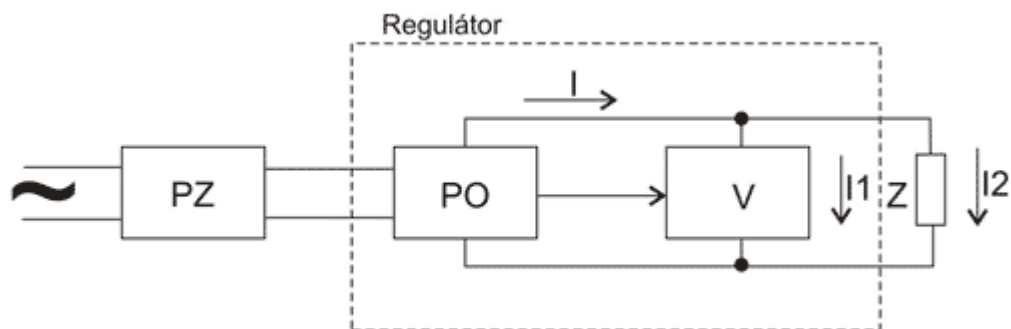


Obrázek 11. Zapojení stabilizátoru s operačním zesilovačem

5.4 Paralelní regulátory

Tyto regulátory mají velké uplatnění ve zdrojích stálého napětí. Blokové schéma paralelního regulátoru je uvedeno níže. Výstupní svorky primárního zdroje jsou přivedeny k pomocnému obvodu paralelního regulátoru. Celý obvod je ovládán výkonovým členem, který má na výstupu připojenou zátěž. Pomocný obvod je zde z důvodu, aby řídil výkonový člen tak, aby na něm bylo konstantní napětí.

Nevýhodou těchto zdrojů je, že pokud se na zátěži zmenšuje proud, tak se zvětšuje proud výkonovým členem. Pokud by byla zátěž odpojena, tak se celý výkon zdroje spotřebovává na výkonovém členu. Naopak výhodou je, že paralelní regulátor je odolný proti zkratu na výstupu. Tato výhoda se, ale vztahuje jen na výkonovou část. Další velkou výhodou je schopnost propouštět proud, který je dodáván aktivní zátěží.



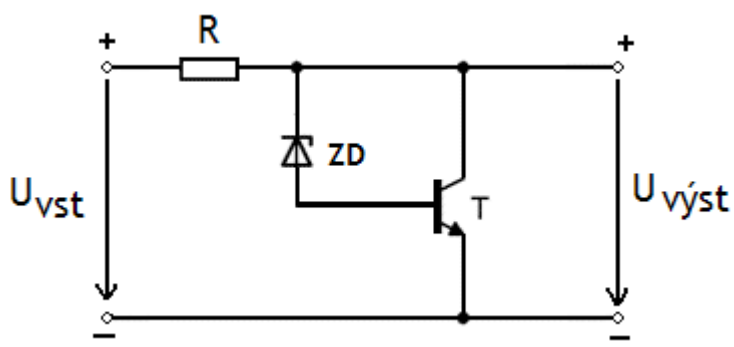
Obrázek 12. Blokové schéma zapojení paralelního regulátoru napětí

PZ	primární zdroj
PO	pomocný obvod
V	výkonový člen
Z	zátěž

Tabulka 8. Popisky zkratk blokového schématu

5.4.1 Paralelní regulátor s výkonovým tranzistorem

Tento obvod lze chápat jako ekvivalent výkonové Zenerovy diody. Velikost výstupního napětí je dána součtem napětí U_z a napětím U_{be} tranzistoru. Výstupní dynamický odpor regulátoru je tím menší, čím větší má tranzistor proudový zesilovací činitel h_{21e}



Obrázek 13. Paralelní regulátor s výkonovým tranzistorem

6 Generátory impulzů

Generátory impulzů jsou zařízení, které neodmyslitelně patří mezi důležité elektronické pomůcky. Generátory vyrábějí na elektronickém principu periodická střídavá napětí s různými časovými průběhy a s požadovanou frekvencí. Generátory můžeme rozdělit do několika skupin a to:

Podle časového průběhu (tvaru) výstupního napětí:

- a) Generátory periodických signálů
- b) Generátory neperiodických signálů

Podle periodických signálů se dále dělí na:

- a) Generátory harmonických signálů (oscilátory)
- b) Generátory neharmonických signálů (generátory tvarových kmitů)

Podle buzení:

- a) Generátory s vlastním buzením
- b) Generátory s vnějším buzením

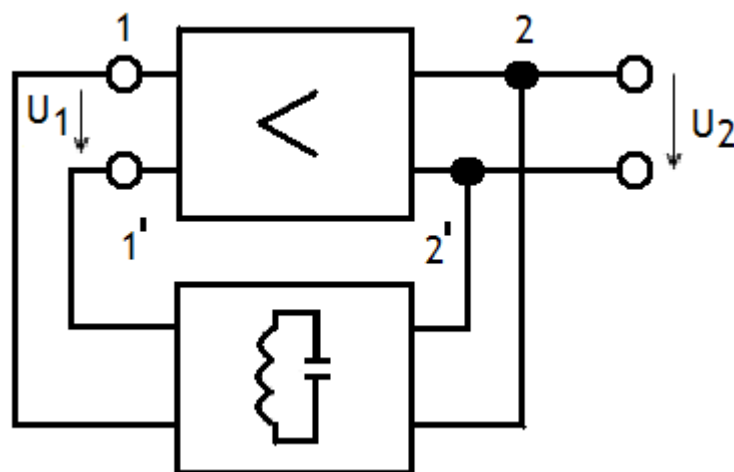
Podle kmitočtu výstupního napětí:

- a) generátory velmi nízkých kmitočtů (0 – 25 Hz)
- b) generátory nízkofrekvenční (25 Hz – 25 kHz)
- c) generátory vysokofrekvenční (25 kHz – 250 MHz)
- d) generátory velmi vysokých kmitočtů (nad 250 MHz)

6.1 Generátory harmonického signálu

Generátory harmonického signálu jsou takzvané oscilátory střídavého elektrického signálu, který zpracovávají další elektronické obvody. Oscilátor je klasický čtyřpól (viz obr. 14). Oscilace elektrického proudu v obvodu může nastat dvěma způsoby:

- a) pomocí zesilovače, který má vhodnou zpětnou vazbu (zpětnovazební oscilátory)
- b) pomocí elektrického prvku se záporným diferenciálním odporem (např. tunelová dioda)



Obrázek 14. Blokové schéma oscilátoru

Tyto sinusové generátory se zpětnou vazbou musí splňovat 2 základní podmínky oscilace, aby došlo ke vzniku oscilace a to:

Fázová podmínka

$$\varphi_1 + \varphi_{1'} = 2 \cdot k \cdot \pi \quad [6-1]$$

Součet fázového posunu zesilovače a fázového posunu zpětného členu se musí rovnat $\varphi=0$.

Amplitudová podmínka

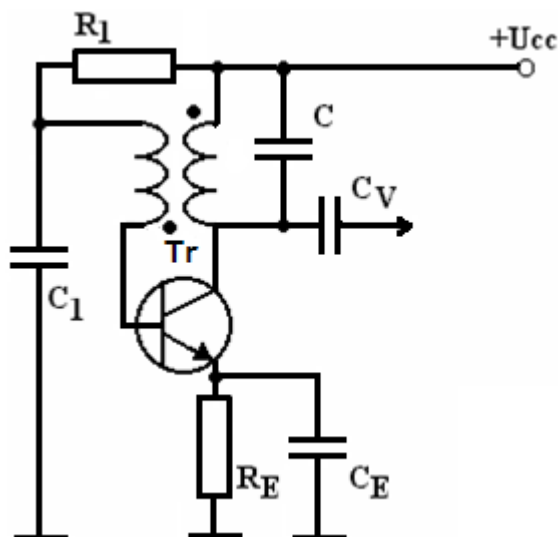
$$\beta \cdot A = 0 \quad [6-2]$$

Po splnění těchto dvou základních podmínek se kladná zpětná vazba může vytvořit pomocí těchto způsobů:

- a) rezonančním obvodem LC
- b) krystalem
- c) obvodem RC

6.1.1 Zpětnovazební LC oscilátory

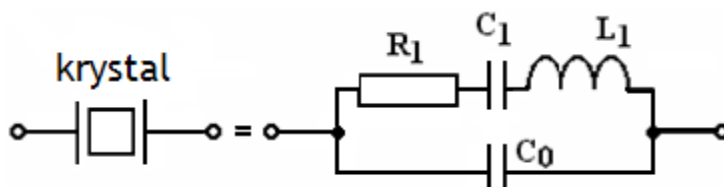
Mezi zpětnovazební LC oscilátory patří např. Meissnerův oscilátor. Jedná se o oscilátor, jehož zpětná vazba je realizována pomocí transformátoru, který má vstupní vinutí tvořené pomocí kondenzátorového rezonančního obvodu. U tohoto zapojení je potřeba fázi otočit o 360° , aby byla splněna fázová podmínka. Toho je dosaženo tak, že jednou je fáze otočená o 180° pomocí tranzistoru a o dalších 180° otočí fázi správně zapojený transformátor. Druhá z podmínek kmitání a to amplitudová je nastavená transformačním převodem.



Obrázek 15. Meissnerův oscilátor

6.1.2 Krystalové oscilátory

Jedná se o oscilátory, které jsou nepřeladitelné nebo případně přeladitelné jen částečně. Kmitočet obvodu je tedy dán krystalem. Využívá se piezoelektrického jevu v tenké destičce. Krystal má dvě navzájem kolmé osy a to jednu elektrickou a jednu mechanickou. Při přivedení střídavého napětí na krystal se mechanický rozkmitá. Mechanická rezonanční frekvence se skládá z frekvencí elektrických kmitů, které oscilátor generuje.



Obrázek 16. Náhradní zapojení krystalu

6.2 Generátory neharmonických signálů

Tyto generátory mají velké zastoupení v automatizačních zařízeních a dále ve výpočtové nebo měřicí technice. Jedná se o generátory nesinusových signálů. Nejčastěji jsou tyto generátory tvořeny pomocí klopných obvodů. Základem těchto obvodů je opakující se periodický signál, který je závislý na nabíjení a vybíjení kondenzátoru. V obvodu se většinou dále objevují elektronické prvky, které pracují jako ovládané spínače. Většinou se jedná o prvky, jako jsou tranzistory nebo integrované obvody. V dnešní době jsou neharmonické generátory signálu tvořeny např. obvod NE555, což bude uvedeno dále. Jedná se o takzvané multivibrátory (astabilní, monostabilní, bistabilní). Frekvenční rozsah těchto generátorů je velmi rozsáhlý a to od nejnižších po velmi vysoké frekvence. Dále bude uvedeno zapojení astabilního multivibrátoru pomocí obvodu NE555, který byl potřebný i v praktické části.

6.2.1 Astabilní multivibrátor s NE555

Astabilní multivibrátor je generátor, který pracuje v takzvaném astabilním stavu, což znamená, že se nepřetržitě vyrábí impulsy. Astabilní stav je stav, při kterém obvod nemá žádný stabilní stav a bez vnějšího zásahu se pořád sám překlápí z jednoho stavu (vysoká úroveň H) do druhého stavu (nízká úroveň L). V dnešní době se astabilní multivibrátory používají jako tónové generátory, impulzní generátory a blikáče. Jedním z nejjednodušších zapojení tohoto generátoru je pomocí obvodu NE555 (viz obr. 17.). Základem tohoto zapojení je kondenzátor C a dva odpory R_1 a R_2 . Pomocí těchto součástek se dá výstupní frekvence signálu nastavit ve velkém rozsahu. Určení doby nabíjení a vybíjení popřípadě celé periody lze určit ze vztahů:

Doba nabíjení t_1 je:

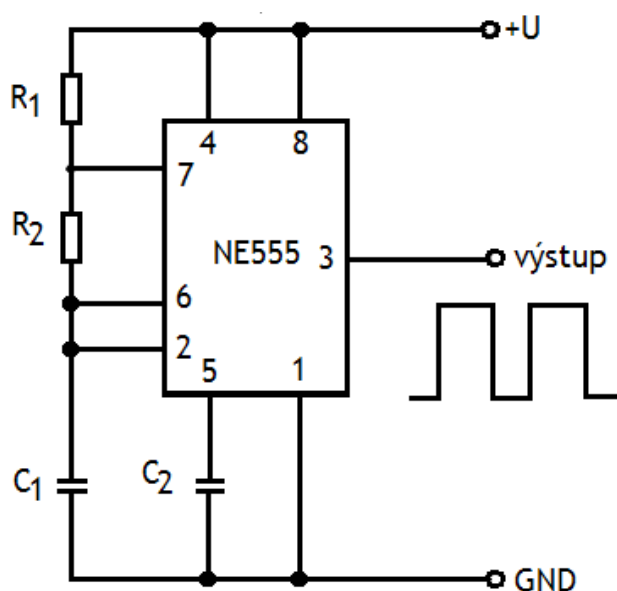
$$t_1 = 0,693(R_1 + R_2) \cdot C_1 \quad [6-3]$$

Doba vybíjení t_2 je:

$$t_2 = 0,693R_2 \cdot C_1 \quad [6-4]$$

Celková doba periody:

$$T_a = t_1 + t_2 = 0,693(R_1 + 2R_2) \cdot C_1 \quad [6-5]$$



Obrázek 17. Schéma zapojení astabilního multivibrátoru

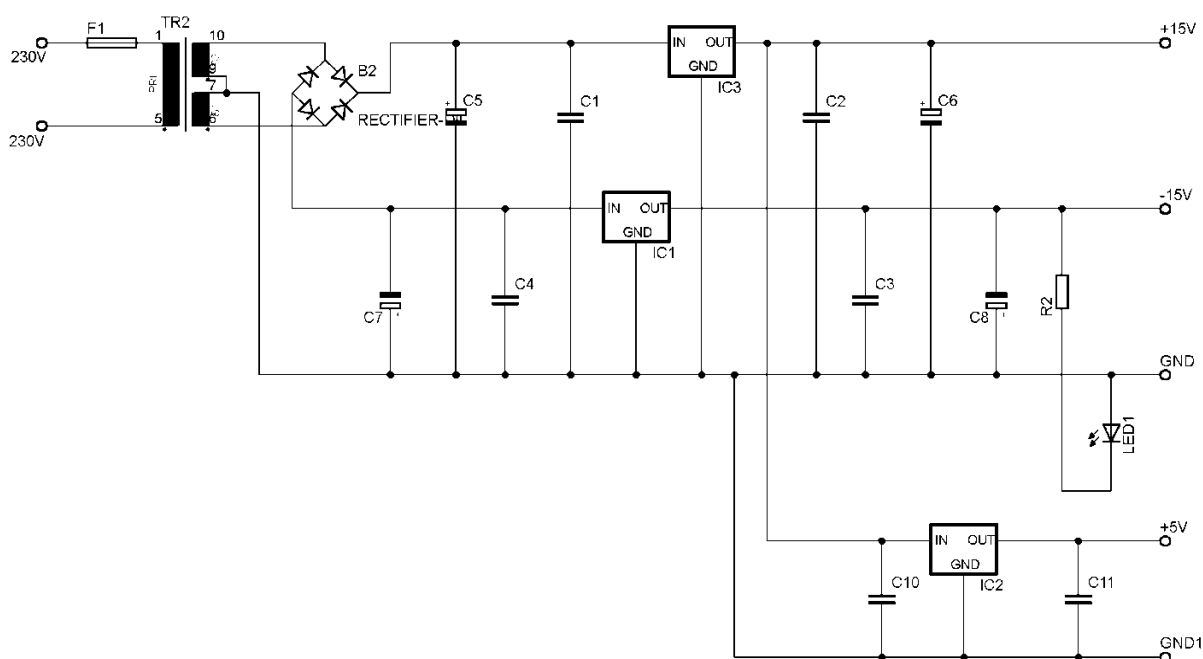
7 Realizace zdroje signálu pro výkonové měniče

7.1 Popis

Úkolem realizace bylo zkonstruovat zdroj pro napájení frekvenčních měničů. Základem je nastavitelný napěťový referenční zdroj v rozsahu $\pm 10\text{ V}$ a nastavitelný proudový zdroj v rozsahu $0 - 20\text{ mA}$. Dále je vyroben generátor impulsů pro dlouhé časy.

7.1.1 Zdroj symetrického napětí $\pm 15\text{V}$ a $+5\text{V}$

Zdroj symetrického napětí se skládá ze dvou větví, a to kladné a záporné. Symetrické napájení se především využívá při napájení operačních zesilovačů. Nejjednodušší realizace takového zdroje je pomocí usměrňovače a stabilizátoru z řady 7815 a 7915, který je znázorněn na obr. 18. Realizace pomocí stabilizátorů je velmi jednoduchá, a také cenově dostupná. Nevýhodou těchto zdrojů je, že při zkratu nebo přerušení v jedné z větví, ta druhá pracuje pořád dál, a to může vést ke zničení napájených obvodů. Z těchto důvodů se používají takzvané vlečené zdroje. U těchto zdrojů se při změně napětí v jedné z větví, projeví změna napětí i ve větvi druhé. Díky této funkci sice základní napětí poklesne, ale výstupní napětí bude vždy symetrické. Dále je v tomto zdroji ještě napětí $+5\text{V}$ pomocí stabilizátoru 7805, které je potřebné pro napájení generátoru impulsu na dlouhé časy.



Obrázek 18. Zapojení symetrického zdroje napětí $\pm 15\text{V}$ a $+5\text{V}$

7.1.2 Zdroj referenčního napětí TL 431 +10 V

U tohoto zdroje referenčního napětí pomocí obvodu TL 431 se jedná o třísvorkovou součástku s nastavitelným výstupním napětím, se zaručenou teplotní stabilitou a malým výstupním odporem. Tento obvod se chová jako zpětnovazební regulátor s vnější napěťovou zpětnou vazbou a s vnitřní referencí 2,5 V. Výstupní napětí této „řiditelné“ Zenerovy diody se nastaví dvěma rezistory v rozsahu 2,5 až 36 V. Celé zapojení pak ještě potřebuje sériový srážecí odpor.

V praktické části byly použity rezistory R_1 a R_2 v takovém poměru, aby bylo dosaženo výstupního napětí obvodu 10 V. Podle uvedeného vztahu [7-1] byl zvolen poměr rezistorů 3 : 1, což znamená, že rezistory měly hodnoty $R_1 = 3k3 \Omega$ a $R_2 = 1k1 \Omega$. Vnitřní reference obvodu TL 431 je 2,5V a díky tomu podle uvedeného vztahu vyšlo výstupní napětí 10V. Výstupní napětí z tohoto zdroje referenčního napětí je velmi důležité, protože slouží k napájení nastavitelného referenčního zdroje napětí.

Výpočet výstupního napětí

$$U_{out} = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{12}}\right) \cdot U_{ref} \text{ [V]} \quad [7-1]$$

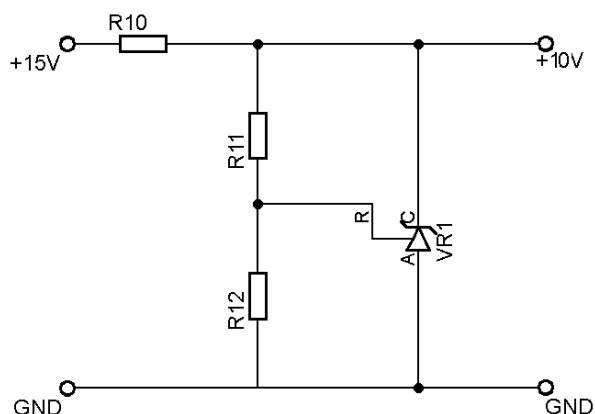
$$U_{out} = \left(1 + \frac{3k3}{1k1}\right) \cdot 2,5 = 10 \text{ V} \quad [7-2]$$

Výpočet sériového srážecího odporu

$$R_s = \frac{U_{in} - U_{out}}{I_{max}} \text{ [\Omega]} \quad [7-3]$$

$$R_s = \frac{15 - 10}{0,04} = 125 \text{ [\Omega]} \quad [7-4]$$

Aby byla dodržena ohmická řada odporů, tak byl zvolen odpor $R_s = 150 \text{ [\Omega]}$



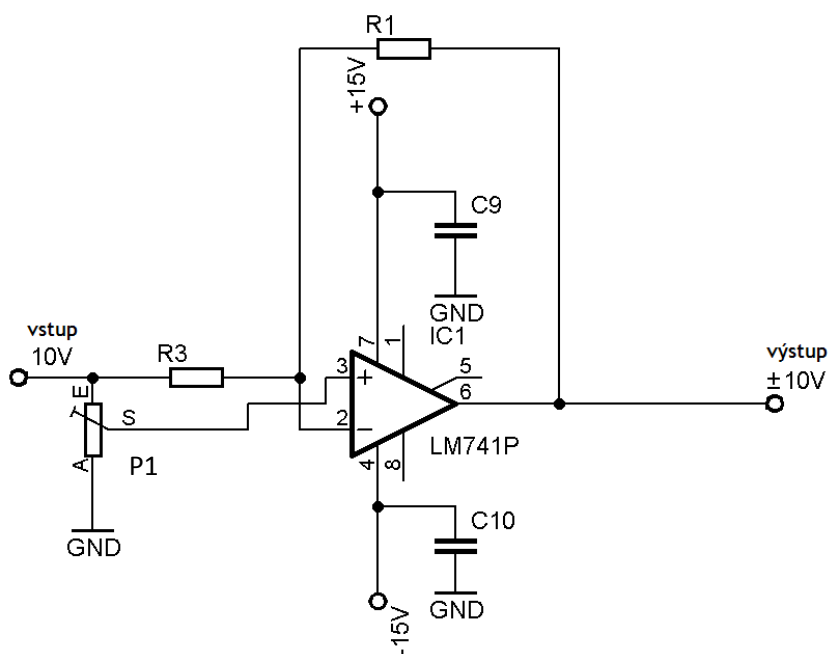
Obrázek 19. Zapojení zdroje referenčního napětí 10 V

7.1.3 Nastavitelný zdroj referenčního napětí $\pm 10V$

Na rozdíl od integrovaných referenčních zdrojů konstantního kladného napětí, je výstup tohoto zapojení nastavitelný od -10 do $+10$ V. Nastavitelné napětí v tomto rozsahu není u obdobných zdrojů referenčního napětí běžná. Výstupní napětí lze nastavovat v uvedeném rozsahu pomocí jednoho potenciometru P_1 . U tohoto zapojení je nastaveno zesílení měnitelné od -1 do $+1$. Díky poloze jezdce potenciometru P_1 s podmínkou $0 \leq k \leq 1$ platí, že při $k = 0$ je jezdec trimru spojen se zemí a při $k = 1$ je spojen s výstupem referenčního zdroje TL 431. Při stejných hodnotách odporu R_1 a R_2 platí pro výstupní napětí obvodu $U_{výst}$ vztah:

$$U_{výst} = 2 \cdot U_{REF} \cdot (k - 0,5) \quad [7-5]$$

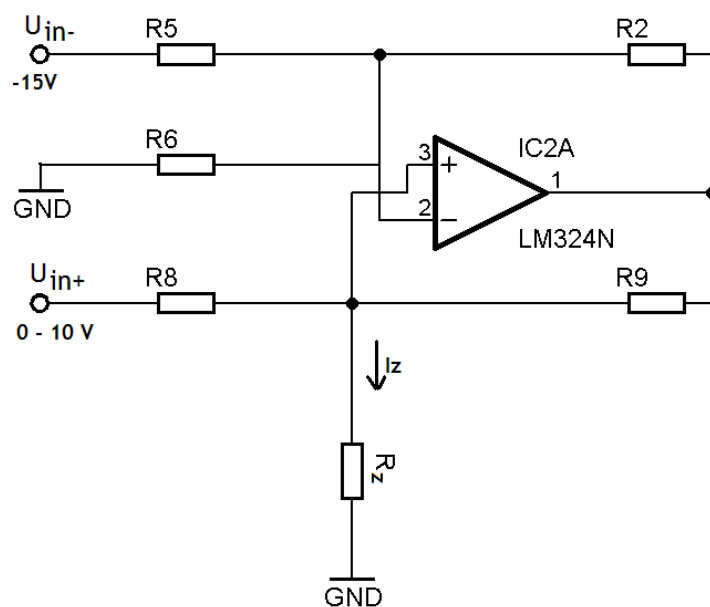
Je-li $k = 0$ je $U_{výst} = -10$ V, při $k = 0,5$ je $U_{výst} = 0$ a při $k = 1$ je $U_{výst} = +10$ V. Posunem jezdce potenciometru od jeho spodní polohy k horní, tedy měníme plynule výstupní napětí v rozsahu od -10 do 10 V. Velmi důležitá je co nejpřesnější hodnota rezistorů R_1 a R_2 , aby zesilovač měl co nejmenší napěťovou nesymetrii.



Obrázek 20. Zapojení nastavitelného zdroje referenčního napětí $\pm 10V$

7.1.4 Napětím řízený proudový zdroj 0 – 20 mA

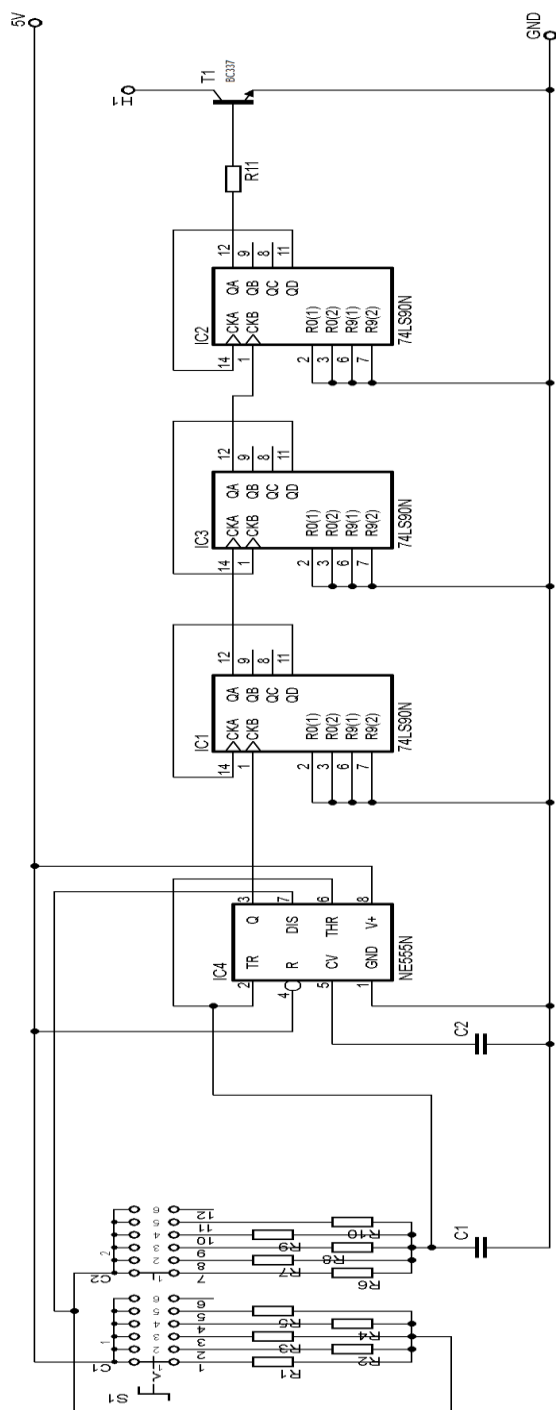
Jedná se o zdroj, který je zobrazen na obr. 21. Na vstup tohoto proudového zdroje se přivádí regulovatelné napětí v rozsahu 0 – 10 V. Zapojení zdroje je modifikací Howlandova zdroje proudu s uzemněnou zátěží R_Z , která je v tomto případě 510Ω. Velikost výstupního proudu zátěže je dána rozdílem napětí U_{in+} - U_{in-} . Nevýhodou zapojení je, že se nehodí pro regulaci větších proudů. Další nevýhodou je velký úbytek napětí na rezistoru R_9 , což omezuje maximální velikost napětí na zátěži.



Obrázek 21. Zapojení proudového zdroje řízeného napětím

7.1.5 Generátor impulsů na dlouhé časy

Generátor impulsů na dlouhé časy získáme několikanásobným zapojením děličů za sebou. V zapojení je využito kaskádní řazení tří dekadických děličů kmitočtů pomocí integrovaných obvodů 7490, které mají za úkol vydělit kmitočet astabilního multivibrátoru s časovačem NE555 v poměru 1000 : 1. Tento generátor je nastavitelný od jedné minuty do pěti minut, a to vždy po minutě. Nastavení vybrané periody je pomocí přepínače 2x6, který vždy přepíná 2 rezistory v zapojení (viz obr. 22.). Střída průběhu je 1:1, což znamená, že při periodě třeba dvou minut je jednu minutu ve stavu vysoké úrovně H a druhou minutu ve stavu nízké úrovně L.



Obrázek 22. Generátor impulsů na dlouhé časy

8 Závěr

V rámci této bakalářské práce bylo úkolem navrhnout a zhotovit zdroj testovacího impulsu pro daný typ výkonového měniče. Daný zdroj jsem zhotovil dle pokynů se všemi požadovanými parametry. Tento projekt mě zavedl do problematiky referenčních zdrojů napětí, napětím řízených zdrojů proudu a generátoru impulsů na dlouhé časy.

V první části jsem byl postaven před problém sestavit symetrický napájecí zdroj napětí $\pm 15\text{V}$, který je nutný pro napájení referenčního zdroje napětí a dále zdroje $+5\text{V}$ pro generátor impulsů. Tento napájecí zdroj je zkonstruován pomocí stabilizátorů řady 78xx a 79xx, což není nic složitého.

V dalším kroku jsem pro přesné napětí 10V chtěl použít obvod REF102AP, který má velmi přesné výstupní napětí 10V , ale jeho nevýhodou je vysoká cena – 200 Kč . Proto jsem pro reálnou konstrukci použil obvod TL431, který je mnohem levnější, ale výstupní napětí jsem si musel nastavit pomocí několika rezistorů. Cenový rozdíl mezi těmito obvody je 190 Kč . Tímto referenčním zdrojem je dále napájen regulovatelný referenční zdroj napětí, který je regulovatelný v rozmezí od $+10\text{V}$ do -10V . Dále je z výstupu toho zdroje napájen proudový zdroj, který je tvořen pomocí obvodu LM324 a je regulovatelný v rozmezí od $0 - 20\text{ mA}$.

V poslední řadě bylo za úkol vytvoření generátoru na dlouhé časy. Tento generátor umožňuje generovat impuls v pěti různých časových intervalech. Časové intervaly jdou nastavit v rozmezí od 1 minuty po 5 minut a to vždy po minutě. Realizace byla provedena pomocí obvodu časovače NE555 a kaskádním řazením obvodu 7490, které v obvodu slouží jako děličky.

Citace

[1] Humlhans, Jan. *Zajímavá zapojení 1*. 1. vydání Praha: BEN, 2009. 152 s. ISBN 80-7300-150-0

[2] Humlhans, Jan. *Zajímavá zapojení 2*. 1. vydání Praha: BEN, 2009. 200 s. ISBN 80-7300-151-9

[3] Hájek, Jan. *2 x časovač 555 praktická zapojení*. 1. vydání Praha: BEN, 1998. 107 s.

ISBN 80-86056-27-9

[4] Krejčířík, Alexandr. *Zdroje proudu*. 1. vydání PRAHA: BEN, 2002. 112 s. ISBN 80-86056-84-8

[5] Chlebiš, Petr. *Výkonové polovodičové systémy*. Ostrava: 2005.

[6] Katalogové listy firmy SIEMENS, *Návod k měniči SIMOVERT MASTERDRIVES*

[7] Katalogové listy firmy NATIONAL SEMICONDUCTOR. Dostupné z WWW:

<http://www.fairchildsemi.com/ds/TL/TL431A.pdf> [citováno 20. února 2011]

[8] Katalogové listy firmy STMicroelectronics. Dostupné z WWW:

<http://www.gme.cz/dokumentace/dokumenty/310/310-012/dsh.310-012.1.pdf>

[citováno 7. března 2011]

[9] Katalogové listy firmy NATIONAL SEMICONDUCTOR. Dostupné z WWW:

<http://www.national.com/ds/LM/LM741.pdf> [citováno 2. února 2011]

[10] Katalogové listy firmy STMicroelectronics. Dostupné z WWW:

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/23384/STMICROELECTRONICS/NE555.html>

[citováno 7. února 2011]